

STUDIO E SIMULAZIONE DI UN SISTEMA DI CONDIZIONAMENTO DELLA POTENZA CON DISPOSITIVO DI ACCUMULO DELL'ENERGIA A MAGNETE SUPERCONDUTTORE

U. Reggiani, G. Grandi, D. Casadei, G. Serra
Dipartimento di Ingegneria Elettrica - D.I.E., Università di Bologna
elettro@mail.ing.unibo.it

In questi ultimi anni sia l'ente distributore che gli utilizzatori dell'energia elettrica stanno ponendo sempre maggior attenzione alla problematiche connesse alla cosiddetta *power quality*. L'impiego di filtri passivi, pur costituendo una metodologia ormai consolidata e piuttosto economica, consente di risolvere solo parzialmente tali problematiche, senza peraltro garantire la flessibilità richiesta dalle variazioni delle caratteristiche di rete e del carico. L'affermarsi delle tecnologie dell'elettronica di potenza ha recentemente consentito lo sviluppo dei filtri attivi come apparecchiature estremamente versatili in grado di compensare sia la potenza reattiva che le eventuali non-linearità del carico [1], [2]. La possibilità di compensare anche carichi squilibrati, carichi pulsanti (*flicker*) e temporanei vuoti di tensione della rete di alimentazione (*UPS*) comporta la necessità di disporre di un efficace dispositivo di accumulo dell'energia, che deve essere adeguatamente accoppiato al filtro attivo per garantirne le funzionalità di compensazione richieste.

I tradizionali accumulatori elettrochimici presentano i noti svantaggi in termini di peso ed ingombro, necessità di manutenzione periodica, limitato numero di cicli carica/scarica, elevati tempi di carica e scarica (basso rapporto tra potenza scambiata ed energia accumulata), rendimento non ottimale. Dispositivi alternativi di accumulo dell'energia, quali ad esempio masse rotanti (volani) e super-condensatori, non hanno suscitato particolare interesse nel mondo industriale soprattutto in quanto, nonostante il prevedibile progresso tecnologico, non offrono particolari prospettive di riduzione del rapporto costo/prestazioni. Per questi ed altri motivi, diverse ricerche a livello sia nazionale che internazionale sono state rivolte verso la possibilità di impiego di bobine superconduttive per l'accumulo di energia sotto forma di energia del campo magnetico (*SMES*). Tale soluzione consente di ottenere elevate energie specifiche con brevissimi cicli di carica/scarica e conseguenti elevate potenze in gioco a parità di energia immagazzinata. Il numero dei cicli vita è inoltre praticamente illimitato ed il sistema di accumulo presenta un ottimo rendimento. L'interesse industriale nei confronti degli *SMES* è quindi subordinato allo sviluppo di tecnologie per la realizzazione di cavi superconduttori, con particolare riferimento a quelle che impiegano materiali ad alta Temperatura critica (T_c). In tal caso infatti, il passaggio dalla tecnologia dell'elio liquido (bassa T_c) a quella dell'azoto liquido (alta T_c) comporta un deciso abbattimento dell'ingombro, dei costi e dei consumi del sistema di refrigerazione.

Sulla base delle considerazioni precedenti, questa ricerca si pone l'obiettivo di studiare un sistema di condizionamento della potenza che possa sfruttare in modo ottimale l'energia immagazzinata in una bobina superconduttiva al fine di migliorare la *power quality* complessiva del sistema rete-utilizzatore.

La configurazione scelta per la connessione alla rete è quella di tipo parallelo. Essa prevede un *chopper PWM* in corrente che collega lo *SMES* ad un *inverter* a tensione impressa (*VSI*), regolandone la tensione lato continua. A sua volta l'*inverter*, controllato sempre con tecnica *PWM*, è collegato in parallelo alla rete mediante induttori di disaccoppiamento.

Il dispositivo di condizionamento si presenta quindi come un sistema elettrico abbastanza complesso. Le simulazioni numeriche devono peraltro considerarne sia la topologia circuitale che le metodologie di controllo. A tale proposito è stato messo a punto un ambiente di simulazione che, utilizzando simulatore commerciale *PSpice*, consente di studiare il sistema nel suo complesso con diversi gradi di approssimazione [3]. In particolare, è stato possibile disaccoppiare le problematiche di messa a punto di regolatori con caratteristiche dinamiche molto differenti, come ad esempio, il regolatore dell'energia immagazzinata nel magnete ed il regolatore delle correnti di compensazione lato alternata [4]. Le simulazioni possono inoltre considerare o meno i fenomeni di commutazione, avendo la possibilità di operare sui valori medi con conseguente riduzione dell'occupazione di memoria e dei tempi di calcolo. La metodologia di controllo proposta in [4] è stata ulteriormente sviluppata considerando l'eventuale presenza di dissimmetrie nelle tensioni di alimentazione. Ciò ha consentito di mettere a punto due diverse tecniche di controllo che sono state studiate e confrontate in [5].

Bibliografia

- [1] U. Reggiani, D. Casadei, G. Grandi, "Active Power Filters Based on a Single Current Measurement System", SPEEDAM'98, Sorrento (IT), June 1998.
- [2] D. Casadei, G. Grandi, U. Reggiani, C. Rossi: "Control Methods for Active Power Filters with Minimum Measurement Requirements", APEC'99, Dallas TX (USA), March 1999.
- [3] U. Reggiani, G. Grandi, A. Massarini, I. Montanari, L. Sandrolini: "Analisi di un Sistema di Condizionamento della Potenza per l' Interfacciamento di un Micro-SMES alla Rete", ET'98, Reggio Calabria (IT), Giugno 1998.
- [4] D. Casadei, G. Grandi, U. Reggiani, G. Serra: "Analysis of a Power Conditioning System for Superconducting Magnetic Energy Storage", ISIE'98, Pretoria (SA), July 1998.
- [5] D. Casadei, G. Grandi, U. Reggiani, G. Serra, A. Tani: "Behavior of a Power Conditioner for μ -SMES Systems under Unbalanced Supply Voltages and Unbalanced Loads", ISIE'99, Bled (SI), July 1999.